

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-149719

(43)Date of publication of application : 15.06.1993

(51)Int.Cl.

G01B 11/06

G01B 11/24

G01N 21/45

(21)Application number : 03-316399

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.11.1991

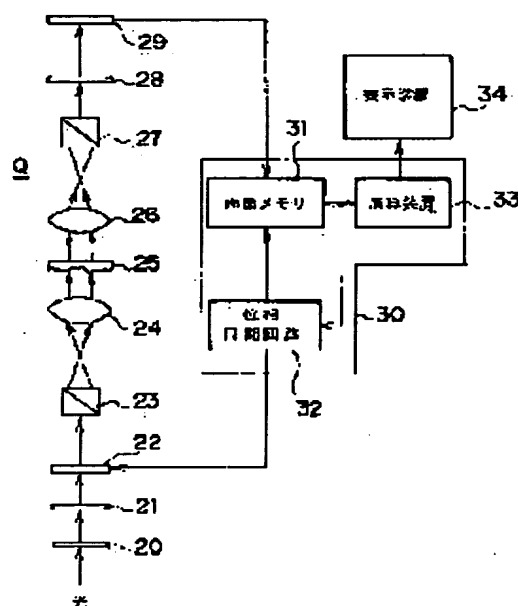
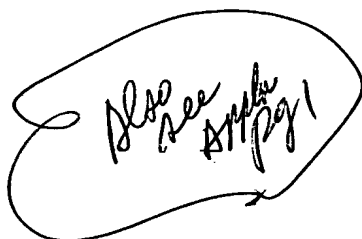
(72)Inventor : SASAKI KENJI

## (54) PROPERTY MEASURING INSTRUMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To measure the fine surface shape and thickness of a light-transmissive object to be measured.

CONSTITUTION: After changing the phase of one component of linearly polarized light rays through the light phase modulating element 22 of an optical system Q and separating the light rays transmitted through the element 22 into two polarized light rays, a light-transmissive object 25 to be measured is irradiated with the separated light rays. Then interference light is produced by again superimposing each light ray transmitted through the object 25 upon another in the same optical path through the optical system Q. An image pickup device 29 picks up the image of the interference light and a measurement processing means 22 finds the thickness of or refractive index distribution on the object 25 from each interference picture data obtained from the device 29.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-149719

(43)公開日 平成5年(1993)6月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 11/06

11/24

G 0 1 N 21/45

識別記号

庁内整理番号

G 7625-2F

D 9108-2F

A 7370-2J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平3-316399

(22)出願日

平成3年(1991)11月29日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 佐々木 賢司

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

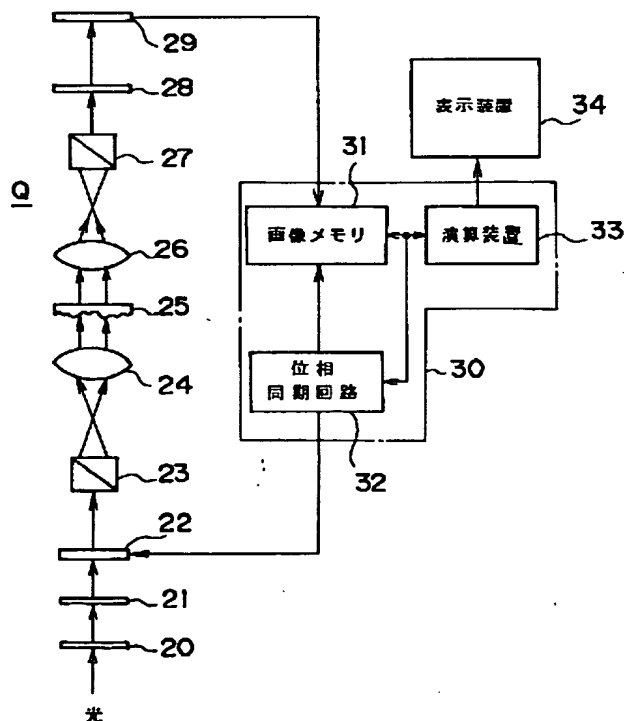
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 性状測定装置

(57)【要約】

【目的】本発明は、光透過性の被測定体に対する微細な表面形状や厚みを測定しようとするものである。

【構成】直線偏光した光のうち一成分の偏光の位相を光学系(Q)の光位相変調素子(22)により変化し、この光位相変調素子(22)を透過した光をそれぞれ2つの偏光に分離して光透過性の被測定体(25)に照射する。そして、この被測定体(25)を透過した各光を光学系(Q)において再び同一光路に重ね合わされて干渉光とする。この干渉光は撮像装置(29)により撮像され、この撮像装置(29)により得られた各干渉画像データから測定処理手段(33)により被測定体(25)の厚み又は屈折率分布が求められる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 直線偏光した光のうち一成分の偏光の位相を光位相変調素子により変化させ、この光位相変調素子を透過した光をそれぞれ2つの偏光に分離して光透過性の被測定体に照射し、この被測定体を透過した各光を再び同一光路に重ね合わせて干渉光を得る光学系と、この光学系により得られた干渉光を受像する撮像装置と、この撮像装置の撮像により得られた各干渉画像データから前記被測定体の性状を求める測定処理手段とを具備したことを特徴とする性状測定装置。

【請求項2】 測定処理手段は、光位相変調素子の位相変調量をそれぞれ変化させ、かつこの位相変調に同期して前記撮像装置を撮像動作させる位相同期手段と、前記撮像装置の撮像により得られた各位相ごとの各干渉画像データを記憶する画像メモリと、この画像メモリに記憶された各干渉画像データから干渉位相を求め、この干渉位相から前記被測定体の厚み分布や屈折率分布などの性状を求める演算手段とを有することを特徴とする請求項(1)記載の性状測定装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、光透過性の被測定体の厚みや屈折率分布を測定する性状測定装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 被測定体の表面形状を測定する技術として図6に示す反射型ノマルスキー微分干渉顕微鏡がある。この微分干渉顕微鏡は、光を偏光子1を通して偏光し、この偏光した光をビームスプリッタ2に入射して分岐し、この分岐した一方の光をノマルスキープリズム3に伝達される。このノマルスキープリズム3は光を2つの偏光に分離するもので、このノマルスキープリズム3により分岐された2つの光は対物レンズ4を通して被測定体5に照射される。

【0003】 これら分岐された光は被測定体5で反射し、これら反射光は同一光路を戻ってビームスプリッタ2に到達し、このビームスプリッタ2を通して検光子6に伝達される。そして、この検光子6を透過した干渉光から被測定体5の表面形状の変化が強調された像が得られる。

【0004】 ところで、反射型ノマルスキー微分干渉顕微鏡において反射位相を測定する方式がなされているが、この場合、図7に示すようにノマルスキープリズム3を駆動回路7により移動させて位相変調している。一方、検光子6を透過した各位相変調ごとの各干渉光はカメラ8により撮像され、その画像データが画像メモリ9に記憶される。そして、計算機10により画像メモリ9に記憶された各画像データが読み出され、計算機10はこれら画像データの干渉光から被測定体5の表面形状を求めている。しかしながら、かかる顕微鏡では被測定体の表面形状は測定できても透過物体の厚みや屈折率の分

布を測定することは困難となる。

【0005】 一方、図8は マッハツェンダー型干渉計を用いた厚み測定装置の構成図である。この厚み測定装置はハーフミラー10、11及びミラー12、13を配置してこのうちのミラー13にピエゾ素子14を設け、光源15から放射された光をハーフミラー10で2方向に分岐してその一方の光をミラー12、ハーフミラー11を通して観察面16に伝達し、これとともにハーフミラー10からの他方の光をミラー13、ハーフミラー11を通して観察面16に伝達している。

【0006】 この状態に被測定体17をハーフミラー10とミラー12との間に配置するとともに、ピエゾ素子14を駆動させてミラー13の位置を変位する。これにより、位相変調された干渉光が観察面16に現れ、これら干渉光から被測定体17の厚みが求められる。

【0007】 しかしながら、このような装置では干渉計を形成しなければならず、顕微鏡等により微細な位相分布を観察できず、被測定体17の微細形状を測定することは困難である。

**【0008】**

【発明が解決しようとする課題】 以上のように反射型ノマルスキー微分干渉顕微鏡やマッハツェンダー型干渉計では被測定体17の微細形状を測定することが困難となる。そこで本発明は、光透過性の被測定体に対する微細な厚みや屈折率の分布を測定できる性状測定装置を提供することを目的とする。

**【0009】**

【課題を解決するための手段】 本発明は、直線偏光した光のうち一成分の偏光の位相を光位相変調素子により変化させ、この光位相変調素子を透過した光をそれぞれ2つの偏光に分離して光透過性の被測定体に光学的分解能程度に横ずらしさせて照射し、この被測定体を透過した各光を再び同一光路に重ね合わせて干渉光を得る光学系と、この光学系により得られた干渉光を受像する撮像装置と、この撮像装置の撮像により得られた各干渉画像データから被測定体の性状を求める測定処理手段とを備えて上記目的を達成しようとする性状測定装置である。

**【0010】**

【作用】 このような手段を備えたことにより、直線偏光させた光のうち一成分の偏光の位相が光学系の光位相変調素子により変化され、この光位相変調素子を透過した光がそれぞれ2つの偏光に分離されて光透過性の被測定体に照射される。そして、この被測定体を透過した各光は光学系により再び同一光路に重ね合わされて干渉光となる。この干渉光は撮像装置により撮像され、この撮像装置により得られた各干渉画像データから測定処理手段により被測定体の性状が求められる。

**【0011】**

【実施例】 以下、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。

【0012】図1は性状測定装置の構成図である。光学系Qの構成について説明すると、干渉フィルタ20、偏光子21及び電気光学（以下、EOと称する）素子22が同一光路上に配置され、干渉フィルタ20を透過した例えばレーザ光が偏光子21により直線偏光されてEO素子22に入射するようになっている。このEO素子22は光学結晶に電場をかけて被屈折量を変化させるもので、一方向の偏光が通りにくくなる性質を有している。このEO素子22を透過した光はノマルスキープリズム23に入射し、このノマルスキープリズム23により2つの偏光に分離されるようになっている。そして、これら分離された2つの偏光は照明レンズ24を通してシアリング（横ずらし）された2つの照明光として光透過性の被測定体25に照射されるようになっている。

【0013】この被測定体25を介して照明レンズ24と対向する位置には対物レンズ26が配置され、この対物レンズ26と同一光路上にノマルスキープリズム27、検光子28、撮像装置29が配置されている。このうちノマルスキープリズム27は対物レンズ26からの2つの偏光を同一光路上に重ね合わせて検光子28に伝達するものとなっている。又、検光子28は互いに45

° づつの角度を有する各偏光を通すもので、この検光子28を透過した各偏光により微分干渉光が撮像装置29で結像されるようになっている。

【0014】一方、測定処理手段30が設けられている。この測定処理手段30は撮像装置29の撮像により得られた各干渉画像から被測定体25の性状を求める機能を有している。具体的には画像メモリ31、位相同期回路32及び演算回路33を有している。画像メモリ31には撮像装置29の撮像により得られる干渉画像データが記憶されるようになっている。又、位相同期回路32は、EO素子22の位相変調量を例えば0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ にそれぞれ変化させ、かつこれら位相変調量0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ に同期して撮像装置29の干渉画像データを画像メモリ31に記憶させる機能を有している。演算回路33は画像メモリ31に記憶された各位相変調量の各干渉画像データから干渉位相 $\phi$ を求め、この干渉位相 $\phi$ から被測定体25の厚み分布や屈折率分布などの性状を求める機能を有している。ここで、演算回路33の演算内容について説明する。各位相変調量の各干渉光量I1～I4は、

$$I1 = I0 \{1 + \cos(\alpha + \phi)\} \quad \dots(1)$$

$$I2 = I0 \{1 + \cos\{\alpha + \phi + (\pi/2)\}\} \quad \dots(2)$$

$$I3 = I0 \{1 + \cos(\alpha + \phi + \pi)\} \quad \dots(3)$$

$$I4 = I0 \{1 + \cos\{\alpha + \phi + (3\pi/2)\}\} \quad \dots(4)$$

となる。

【0016】これら干渉光量I1～I4から干渉位相 $\phi$

$$\phi = \tan^{-1} \{ (I3 - I1) / (I2 - I4) \} \quad \dots(5)$$

を演算することにより求められる。従って、被測定体2

5の屈折率をnとすれば、

$$\Delta d = (\phi / 2\pi n) \lambda \quad \dots(6)$$

により表される被測定体25の厚さの微分値が求められる。しかるに、この式をシアリング方向に積分すれば、

【0017】

【数1】

$$d(x, y) = \int \Delta d(x, y) dx dy \quad \dots(7)$$

を演算することにより図2に示す被測定体25の厚みの分布が求められる。

【0018】又、この結果は図3に示すように被測定体40の厚みdが均一であることが予め知られている場合、この被測定体40における屈折率変化 $n - n_a$ 、 $n - n_b$ の分布を求める機能を有している。すなわち、上記式(6)に示すように厚み $\Delta d$ が均一であれば、屈折率nが異なることが分かる。従って、演算装置33は厚み $\Delta d$ に対する屈折率nの関係が記憶されており、測定された干渉位相 $\phi$ から被測定体25の屈折率nの分布を求める機能を有している。この演算装置33には表示装置34が接続されており、演算装置33により求められた厚み分布又は屈折率分布を表示するようになっている。次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0019】干渉フィルタ20を透過した光は偏光子21により直線偏光されてEO素子22に入射する。この

EO素子22は一方向の偏光の位相を遅らせ、このEO素子22を透過した光はノマルスキープリズム23に入射する。このノマルスキープリズム23は入射した光を2つの偏光に分離して出力し、これにより分離された2つの偏光は照明レンズ24を通してシアリング（横ずらし）された2つの照明光として被測定体25に照射される。

【0020】この被測定体25を通過した2つの偏光は対物レンズ26を通過してノマルスキープリズム27に入射する。このノマルスキープリズム27は入射した2つの偏光を同一光路上に重ね合わせて検光子28に伝達し、この検光子28は2つの偏光を通して微分干渉光とする。そして、この微分干渉光は撮像装置29で結像される。

【0021】この状態に、位相同期回路32はEO素子22の位相変調量を0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ にそれぞ

れ変化させ、かつこれら位相変調量に設定されたときに同期して干渉画像データを取得する指令を画像メモリ31に与える。これにより、画像メモリ31には各位相変調量 $0$ 、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ のときの各干渉画像データが画像メモリ31に記憶される。

【0022】ここで、演算回路33は画像メモリ31に記憶された各干渉画像データから各干渉光量 $I1 \sim I4$ を読み取って上記式(5)から干渉位相 $\phi$ を求め、この干渉位相 $\phi$ を用いて上記式(6)(7)を演算することによって被測定体25の厚み分布や屈折率分布などの性状を求める。

【0023】このように上記一実施例においては、直線偏光した光のうち一成分の偏光の位相をEO素子22により変化させ、このEO素子22を透過した光をそれぞれ2つの偏光に分離して光透過性の被測定体25に照射し、この被測定体25を透過した各光を再び同一光路に重ね合わされて干渉光とし、この干渉光を撮像装置29により撮像して得られた各干渉画像データから被測定体25の性状を求めるようにしたので、光透過性の被測定体25に対する厚み分布及び屈折率分布の測定ができ、かつ位相変調量 $0$ 、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ にシフトさせるので光の波長の数10分の1以下の分解能で測定できる。つまり、この手法は光学系が微分干渉顕微鏡とほぼ同一構成なので高い分解能、例えば480nmの波長の光、開口数0.61( $\lambda/NA$ )の対物レンズを用いた場合、 $0.33\mu m$ の分解能で測定できる。

【0024】又、本装置によれば、図2及び図4に示す均一な屈折率 $n$ を有する各被測定体25、41に対する厚み分布を測定でき、そのうえ図3に示す均一な厚みを有する被測定体40の屈折率分布を測定できる。

【0025】なお、本発明は上記一実施例に限定されるものでなくその要旨を逸脱しない範囲で変形してもよい。例えば、位相変調としてEO素子22を用いているが、図5に示すようなマッハツェンダー型干渉計を用いてもよい。これはハーフミラー50、51及びミラー52、53を配置し、このうちのミラー53にピエゾ素子

54を設けたものとなっている。

【0026】かかる構成であれば、例えばレーザ光をハーフミラー50で2方向に分岐してその一方の光をミラー52、ハーフミラー51を通してノマルスキープリズム23に伝達し、これとともにハーフミラー50からの他方の光をミラー53、ハーフミラー51を通してノマルスキープリズム23に伝達される。この状態にピエゾ素子54を駆動させてミラー53の位置を変位させることにより位相変調が行われる。又、位相変調の手段としては光弾性変調素子を用いてもよい。

【0027】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、光透過性の被測定体に対する微細な表面形状や厚みを測定できる性状測定装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる性状測定装置の一実施例を示す構成図。

【図2】同装置で厚み測定する被測定体を横方向から見た図。

【図3】同装置で屈折率を測定する被測定体を横方向から見た図。

【図4】同装置で厚み測定する被測定体を横方向から見た図。

【図5】同装置の位相変調として用いる光学系の構成図。

【図6】反射型ノマルスキー微分干渉顕微鏡の構成図。

【図7】反射型ノマルスキー微分干渉顕微鏡の構成図。

【図8】マッハツェンダー型干渉計を用いた厚み測定装置の構成図。

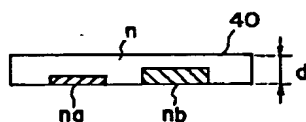
【符号の説明】

20…干渉フィルタ、21…偏光子、22…EO素子、23、27…ノマルスキープリズム、24…照明レンズ、25…被測定体、26…対物レンズ、28…検光子、29…撮像装置、30…測定処理手段、31…画像メモリ、32…位相同期回路、33…演算回路、34…表示装置、Q…光学系。

【図2】



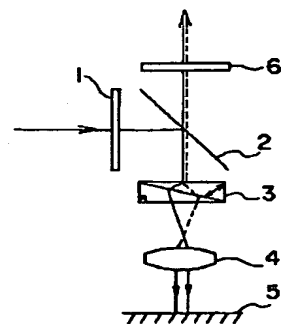
【図3】



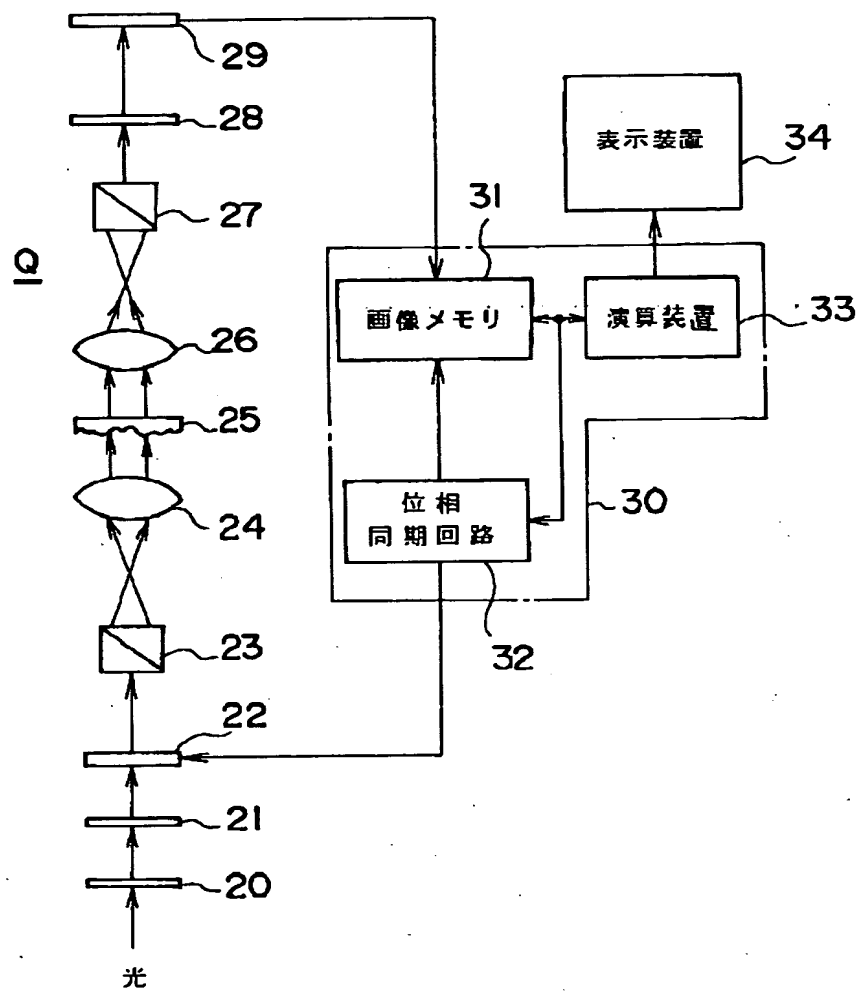
【図4】



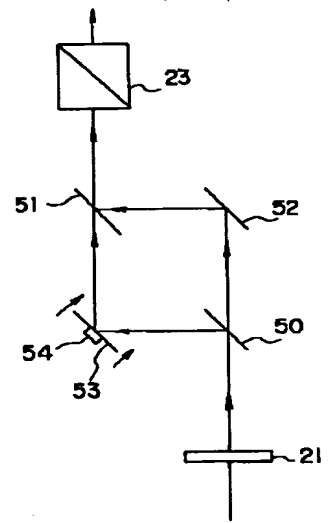
【図6】



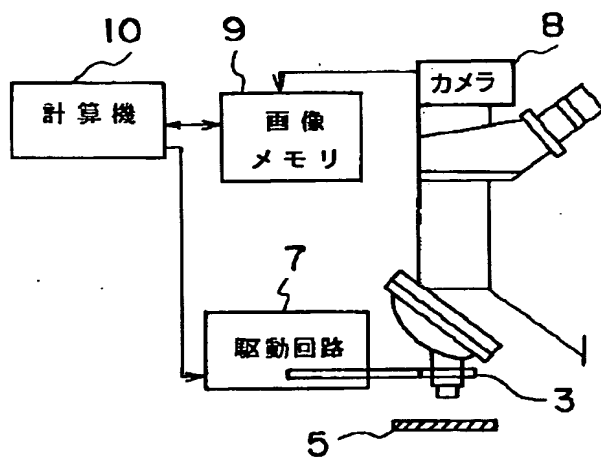
【図1】



【図5】



【図7】



【図8】

